

La structure trophique est liée aux chaînes alimentaires. On distingue trois niveaux trophiques: Producteurs, **consommateurs**, **décomposeurs**

1. Chaînes alimentaires dans les écosystèmes

Une chaîne alimentaire est une suite d'organismes dans laquelle les uns mangent ceux qui les précèdent dans la chaîne avant d'être mangés par ceux qui les suivent. Il existe deux types de chaînes alimentaires. Celles qui commencent par des végétaux vivants qui sont dévorés par des animaux herbivores constituent le système herbivore. Celles qui commencent par de la matière organique morte (animale ou végétale) qui est consommée par des détritivores constituent le système saprophage.

Les être vivants peuvent se répartir en trois catégories selon leurs fonctions écologiques dans la communauté

✓ **Les producteurs (autotrophes)**

Pour la plupart des végétaux chlorophylliens qui utilisent une fraction du flux solaire pour élaborer des matières biochimiques à partir du gaz carbonique. En ce sens, ils constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire.

✓ **Les consommateurs (hétérotrophes)**

Ne peuvent se nourrir qu'à partir de matières organiques complexes (glucides, protides, lipides). Ils dépendent donc entièrement des producteurs qui représentent la seule source d'énergie utilisable par les animaux, soit directement dans le cas des phytophages (consommateurs primaires) soit indirectement dans le cas des carnivores (consommateurs secondaires). Un type particulier de consommateurs secondaires est constitué par les parasites.

✓ **Les décomposeurs saprophytes**

Champignons, bactéries, levures et autres microorganismes hétérotrophes utilisent la matière organique morte (détritus végétaux, excréta et cadavres d'animaux) dont ils assurent une minéralisation progressive et totale. En milieu terrestre, les chaînes trophiques de prédateurs comportent en général trois ou quatre niveaux. En milieu marin, les chaînes trophiques de prédateurs sont toujours plus longues que dans les écosystèmes terrestres. Les chaînes trophiques de parasites procèdent au contraire des précédentes, d'organismes de grande taille vers des organismes de petite taille. Les chaînes saprophytiques jouent un rôle important dans les forêts caducifoliées où la plus grande partie du feuillage n'est pas consommée mais constitue une litière. En réalité, les trois types de chaînes coexistent dans un écosystème et sont interconnectées pour constituer un réseau trophique. Ils sont représentés par les végétaux

photosynthétiques. Ces producteurs produisent des substances organiques simples à partir du dioxyde de carbone et de l'eau en dégageant du dioxygène. Les sels minéraux à base d'azote permettent d'obtenir les protides, ceux à base de phosphore permettent d'obtenir les acides nucléiques. L'énergie est stockée sous forme de liaisons chimiques. Ce sont des producteurs primaires. Ils respirent aussi pour fonctionner et se développer et produisent donc du dioxyde de carbone et de l'eau.

Il existe le long des chaînes alimentaires des transferts de matière et d'énergie qui sont schématisés dans la figure 2. Ce schéma met en évidence une caractéristique fondamentale : la matière se conserve et est constamment recyclée dans l'écosystème tandis que la respiration des organismes produit de l'énergie dégagée sous la forme de chaleur qui n'est pas recyclée et qui est perdue (Fig. 2).

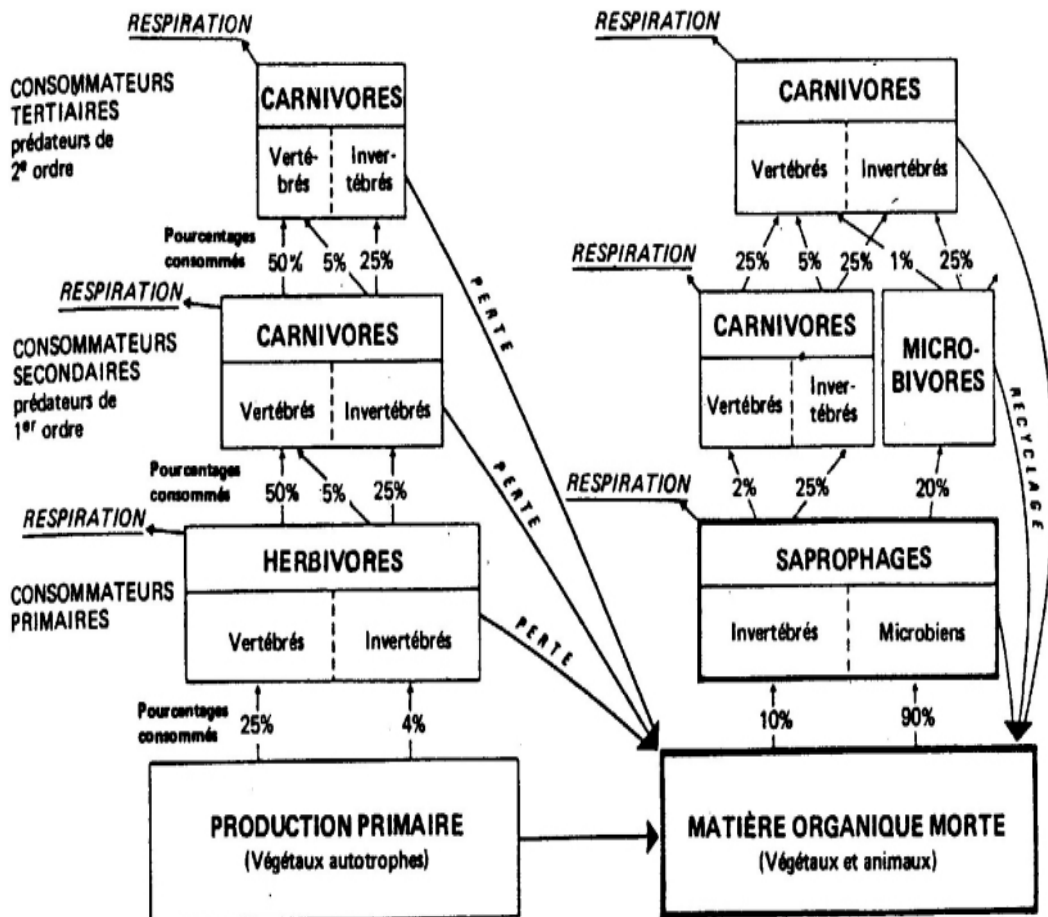


Figure 2. Schéma des réseaux trophiques dans un écosystème.

2. Les niveaux trophiques

Des organismes appartiennent à un même niveau trophique lorsque, dans une chaîne alimentaire, ils sont séparés des végétaux par le même nombre de maillons. Les végétaux par définition constituent le premier niveau trophique. Il faut cependant garder en mémoire le caractère simplificateur de la notion de niveau trophique. Un même animal peut appartenir à plusieurs niveaux trophiques différents. C'est le cas des espèces omnivores qui consomment à la fois des végétaux et des animaux.

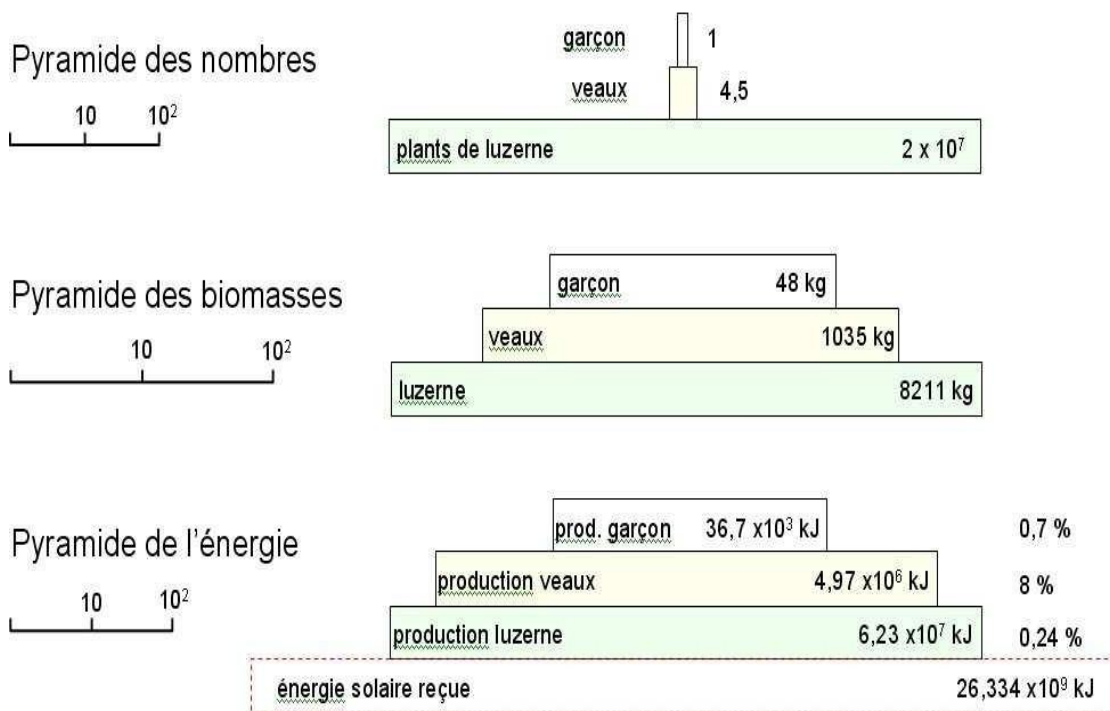
3. Notion de pyramide écologique

A partir de la chaîne alimentaire il est possible de construire 3 types de pyramides écologiques où chaque niveau trophique est représenté par un rectangle. Tous les rectangles y ont la même hauteur, mais leur longueur est proportionnelle au nombre d'organismes qui les constituent ou à leur biomasse. Étant donné que les organismes de chaque maillon perdent 90 % de la matière et de l'énergie du maillon précédent, la longueur des rectangles successifs est de plus en plus réduite.

- ✓ **La Pyramide des nombres ou Pyramide Eltonienne** (D'après Charles Elton)
: La pyramide des nombres renseigne seulement sur le nombre d'organismes compris dans un niveau trophique. (fig. 3)
- ✓ **La Pyramide des biomasses:** La pyramide des biomasses fournit davantage de renseignements car on se base sur la masse des organismes. Dans quelques écosystèmes aquatiques où les producteurs sont des algues à courte durée de vie et à vitesse de renouvellement élevée, la pyramide est inversée. Par conséquent, la base de la pyramide (biomasse de phytoplancton) est plus petite que le sommet (biomasse du zooplancton).(fig. 3)
- ✓ **La Pyramide d'énergie** montre le transfert d'énergie entre les niveaux trophiques. Une pyramide d'énergie donne la meilleure image globale de la structure de la communauté parce qu'elle est basée sur la production. Dans l'exemple ci-dessus, la production du phytoplancton est supérieure à la production de zooplancton, bien que la biomasse du phytoplancton soit inférieure à la biomasse du zooplancton. (fig. 3)

Pyramides écologiques

Écosystème « idéal » : champ de luzerne de 4 ha qui sert à nourrir des veaux eux mêmes mangés en un an par un enfant



Source : Alain Gallien : Professeur de SVT au lycée du Clos Maire à Beaune (Côte d'Or) http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1830
d'après E.P. Odum (1959) repris par P. Duvigneaud, la synthèse écologique- éditions Dojin- 1980

Figure 3. Quelques exemples de pyramides écologiques.

4. Relation entre taille, nombre et abondance des espèces

La structure des communautés animales peut être décrite en déterminant le nombre total d'espèces ainsi que quatre types de relations :

- Le nombre d'espèce par classe de taille. Il existe plus d'espèce de petite taille que d'espèces de grandes tailles.
- L'abondance des espèces en fonction de leur taille. Les espèces de petite taille ont des populations plus nombreuses que celles de grande taille.
- Le nombre d'espèces par classe d'abondance. Il-y-a beaucoup d'espèces rares et peu d'espèces abondantes ou très abondantes.
- La répartition géographique des espèces en fonction de leur abondance. Les espèces communes ont des aires de répartition plus vastes que les espèces rares.

5. Les facteurs qui règlent la diversité spécifiques des biocénoses

Plusieurs théories essayent d'expliquer les facteurs qui règlent la diversité spécifique des biocénoses, mais aucune de ces théories à elle seul ne semble satisfaisante. Ces différentes théories sont les suivantes :

- Influence de la productivité : Beaucoup de faits d'observation montrent que la diversité spécifique augmente avec la productivité des écosystèmes. C'est le cas des rongeurs des déserts d'Amérique du nord. Mais d'autres études montrent que la diversité passe par un maximum pour une productivité moyenne et qu'elle diminue ensuite (Fig.4).

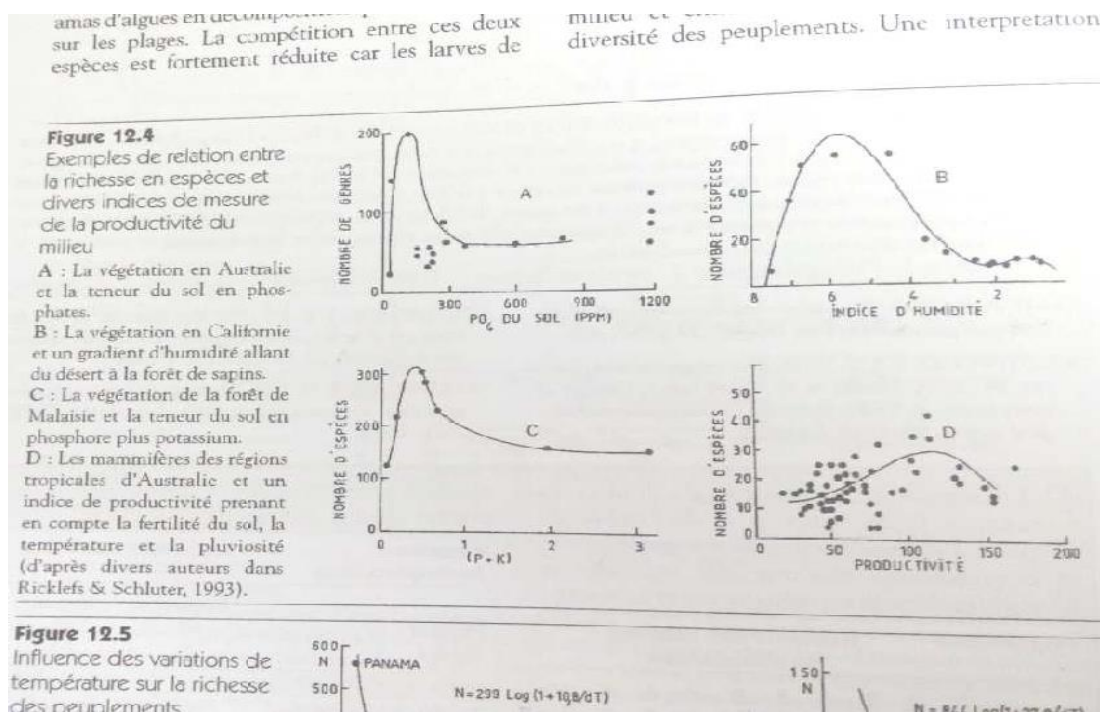


Figure 4. Exemples de relation entre la richesse en espèces et divers indice de mesure de la productivité du milieu.

- Influence de la compétition et de la prédation. Ces deux facteurs contribuent à augmenter la diversité.
- Influence du climat. La stabilité climatique des régions tropicales favorise l'apparition de spécialisation et d'adaptation plus poussées chez des espèces qui occupent des niches écologiques de plus en plus étroites. Mac Arthur (1975) à montré que la diversité spécifique diminue lorsque les variations des températures moyennes mensuelles augmentent (Fig..5).

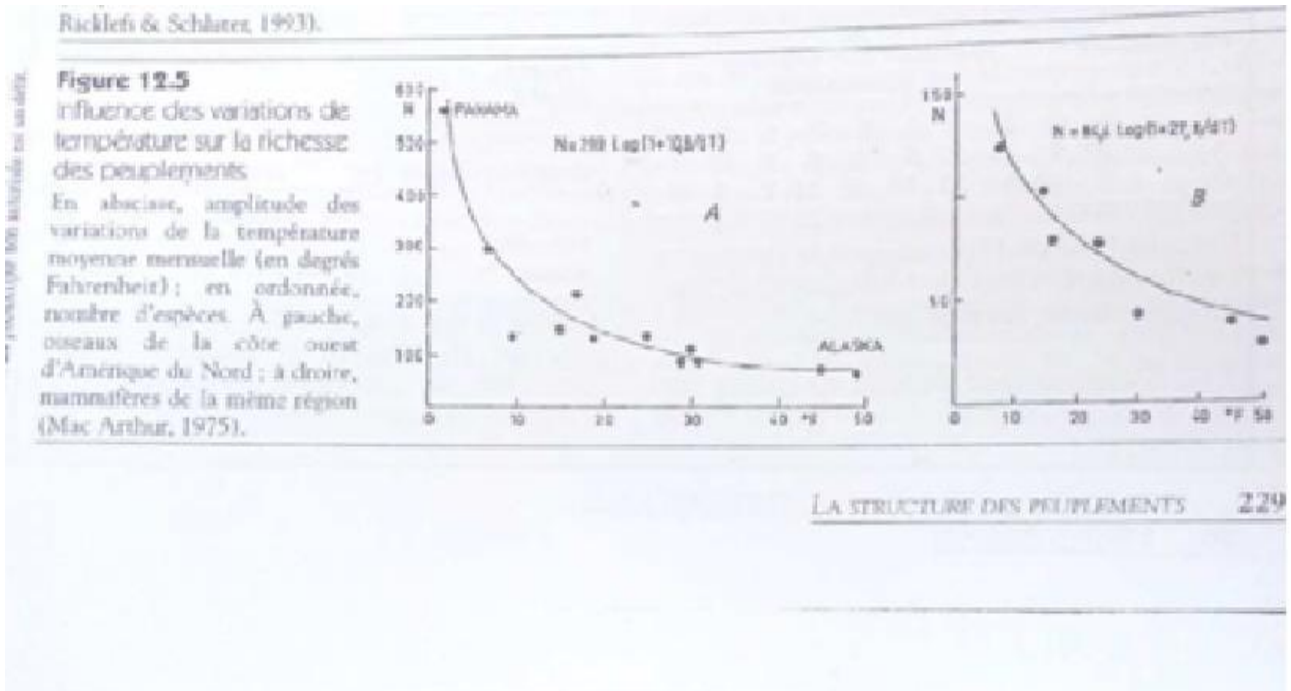


Figure 5. Influence des variations de températures sur la richesse des peuplements.

- Influence de l'hétérogénéité du milieu. L'hétérogénéité du milieu, en augmentant le nombre de niches écologiques disponibles, permet l'augmentation de la diversité.
- Influence de la surface. Les régions tropicales ont une surface bien supérieure à celle des autres régions, elles disposent donc de vastes étendues dans lesquelles elles peuvent subir la spéciation allopatrique, développer des populations nombreuses qui pour cette raison, ont des taux d'extinction inférieurs à ceux des espèces des autres régions. Ainsi d'une manière générale la richesse des peuplements augmente avec l'étendue de la région.

6. Flux d'énergie dans un écosystème III-3-1) L'énergie solaire

Toute l'énergie solaire n'arrive pas à la surface de la Terre :

- 30% des radiations solaires sont réfléchies dans l'espace par l'atmosphère.
- 20% des radiations solaires sont absorbées par l'atmosphère.
- 50% des radiations solaires sont absorbées par le sol, l'eau, la végétation et utilisées sous forme de chaleur.

- 1% des radiations solaires sont utilisés par la photosynthèse. Chaque point de la surface du globe reçoit 6 mois de lumière. La lumière n'est pas répartie de façon homogène en fonction de la latitude. L'énergie totale reçue à l'équateur est égale à 2.5 fois celle reçue aux pôles.

6.1. Chaînes alimentaires et flux d'énergie

L'énergie solaire est stockée par les végétaux sous forme d'énergie chimique : production primaire brute. Une partie est utilisée par les végétaux eux-mêmes en respirant.

$P1B - R1 = P1N$ (production primaire nette).

La production primaire nette est la quantité disponible pour le niveau supérieur. Les phytophages n'utilisent pas toute la production primaire nette. Ce qui n'est pas consommé rejoint le niveau des décomposeurs.

La partie assimilée produit de l'énergie animale : productivité secondaire brute. Mais une partie de cette énergie animale sera consommé en respiration. $P2B - R2 = P2N$. Prenons l'exemple d'un écosystème qui reçoit 1 000 000 kCal/an/m² (Figure 4). Si on calcule les différents rendements, il apparaît que les chaînes trophiques ont un très faible rendement.

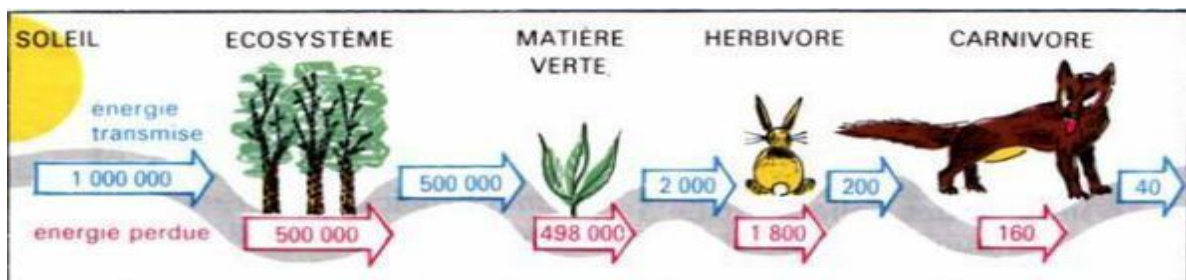


Figure 6: Différents rendements des différentes chaînes trophiques.

6.2. Bilans et rendements énergétiques

Des rendements peuvent être adaptés pour un niveau de consommateur:

- Rendement écologique : production consommateur / Production proie.
- Rendement d'exploitation : énergie ingérée / énergie disponible.
- Rendement d'assimilation : énergie assimilée / énergie ingérée.
- Rendement production nette : énergie liée à la production du consommateur / énergie assimilée.

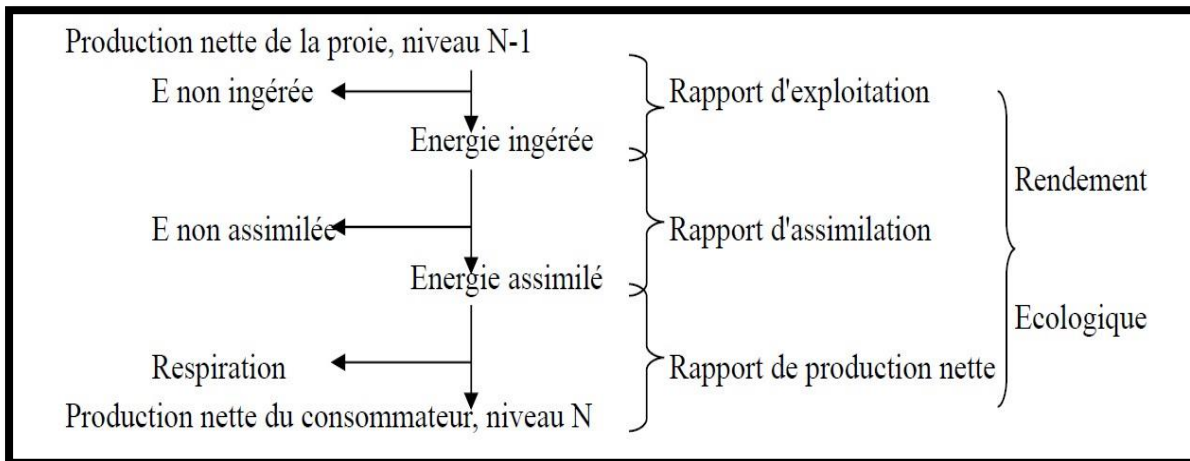


Figure 7: Rendement adapté pour un niveau de consommateur

Le rendement d'assimilation dépend de la qualité de la nourriture. Les végétaux sont riches en éléments non digestibles. Les herbivores auront donc un faible rendement d'assimilation (30 à 50%). Les consommateurs ont des rendements plus importants (60 à 90%). Ces rendements varient suivant que l'animal est poïkilotherme (valeur basse) ou homéotherme (valeur haute). Les décomposeurs ont des rendements très faibles car ils se nourrissent des déchets des autres (20 à 30 %).

Le rendement de production nette est variable car de très nombreux paramètres interviennent.

Les homéothermes sont moins efficaces que les poïkilothermes (rapport de rendement de 1 à 10).

6.3. Production et taux d'utilisation d'énergie dans les écosystèmes

Considérons un écosystème, si la quantité d'énergie fixée par photosynthèse est égale à la quantité d'énergie utilisée par respiration à tous les niveaux, le système sera stable. $P1B / R = 1$ Système stable La stabilité d'un écosystème ne dépend pas de sa productivité mais de l'équilibre entre production et consommation. Les écosystèmes où $P/R > 1$ sont de types autotrophes. Les écosystèmes où $P/R < 1$ sont de types hétérotrophes.

6.3.1. Production primaire

Des mesures ont été faites à l'échelle du globe. Suivant les mesures, les valeurs sont variables mais les productions primaires relatives sont concordantes d'un auteur.

Les océans représentent 40% de la production primaire mondiale. La production est plus importante dans les zones d'upwelling où il y a des remontées de sels minéraux et ensuite sur les plateaux continentaux en raison des apports terrigènes. Ailleurs, elle est extrêmement faible en raison de la faible quantité de sels minéraux qui bloquent la croissance du plancton. En milieu continental, les déserts sont très peu productifs car ils ont pour facteur limitant l'eau. En milieu terrestre, ce sont les facteurs température et eau qui conditionnent la production primaire.

Les forêts couvrent une petite partie de la surface du globe, 28% des terres émergées, mais elles produisent un peu moins de la moitié de la production primaire mondiale. Si les forêts ombrophiles sont les écosystèmes les plus productifs, les marécages ont des productions équivalentes mais sur des surfaces très faibles. Les terres cultivées ont des productions primaires élevées mais l'homme introduit de l'énergie dans le système, le rendement de la photosynthèse restant inchangé. Dans les milieux naturels, les écosystèmes les plus productifs correspondent aux zones humides, estuaires et récifs coralliens.

6.3.2. Production secondaire

La production secondaire correspond à l'accumulation de matière organiques vivantes chez tous les hétérotrophes. Les organismes élaborent de la matière organique à partir de celle des autotrophes.

Si estimer la production primaire est difficile, estimer la production secondaire l'est encore plus. Les chiffres donnés ne sont pas obtenus par des mesures mais grâce à des calculs à partir des mesures de production primaire. Par conséquent, on peut se rendre compte que les zones De fortes productions primaires ont des fortes productions secondaires.

